Bienvenue !

Visiter

“Physique Fine enjah “

sur youtube

Pour plus comprendre le cours

Partie 1 : Mécanique

Le cours est commun pour les classes SV et SG Sauf où il ya les ** , C'est seulement pour la classe SG

Les Chapitres :

1. *Etude énérgétique : expréssion de l'énérgie mécanique , la conservation et la non conservation de l'énégie mécanique.*

2. *Etude dynamique et quantité de mouvement (deuxième loi de Newton en translation) .*

3. *Etude dynamique et moment cinétique (deuxième loi de Newton en rotation) . ***

4. *Les oscillations mécanique (étude énérgétique et dynamique des pendules : élastique , simple (**) , de torsion (**) et composeé (**)) .*

5. *Les oscillations forcées : (Excitateur , résonateur et phénomène de résonnance mécanique) . (**)*

Chapitre 1 : Les types et les expréssions des énérgies .

Les deux types de l'énérgie qu'on va étudiées :

1. *Enérgie mécanique macroscopique ,*

2. *Enérgie mécanique microscopique (aux niveaux des énérgie internes entre les molécules qui constituent le système) .*

Enérgie cinétique :

C'est l'énérgie associé à la vitesse de l'objet étudiée , est composé de deux parties:

1. Enérgie cinétique de translation : $E_c = \frac{1}{2}\, m\, V^2$.
2. Enérgie cinétique de rotation : $E_c = \frac{1}{2}\, I\, \theta'^{\,2}$.

➢ *Dans le S I , Pour un système étudié on a :*

a) *m est la masse totale en (Kg) .*
b) *V est la vitesse linéaire (de translation) en (m / s) .*
c) *I est le moment d'inertie du système par rapport à l'axe de rotation en ($kg.m^2$)*
d) *θ' est la vitesse angulaire du système par rapport à l'axe de rotation en (rd / s)*
e) *E_c est l'énérgie cinétique exprimé en Joule (J) .*

(N.B.)

La relation entre la vitesse angulaire θ' *et le nombre de tours par seconde* N *, est* $\theta' = 2\pi N = \frac{2\pi n}{t}$ *tel que n est le nombre de tours , et t est la durée en seconde .*

Application:1 Un bloc de masse $m = 4\ kg$, en mouvement rectiligne uniforme (vitesse constant) avec une vitesse $V = 2m/s$.

- *Calculer l'énérgie cinétique du bloc .*

- ✓ *Sol:* Système : (bloc) , $E_C = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}(4)(2)^2 = 8J$.

Application:2 Un disque plein de masse $m = 2kg$, et de rayon $R = 1\ m$, en rotation pur autour de son axe fixe (axe passant par le centre de masse du disque) effectue 4 tours par seconde . Le moment d'inertie du disque par rapport à cette axe est $I = \frac{1}{2}mR^2$.

- *Calculer son énérgie cinétique par rapport à cette axe .*

- ✓ *Sol:* système : (disque) , $E_C = \frac{1}{2}I\theta'^2 = \frac{1}{2}(\frac{1}{2}mR^2)(2\pi N)^2$ alors :
$E_C = \frac{1}{4}(2)(1^2)(2\pi \times 4)^2 = 32\,\pi^2 \cong 315.82\ (J)$.

Enérgie potentielle:

Il existe des plusieurs types des énérgies potentielles . Dans ce cours en va parler des énérgies potentielles suivants :

1. *Enérgie potentielle gravitationnel (de pesanteur) ,*

2. *Enérgie potentielle élastique (cas du ressort) ,*

3. *Enérgie potentielle de torsion (**)(cas du fil d'acier).*

➢ *<u>Enérgie potentielle de pesanteur dûe à la force de pesanteur (E_{PP}):</u>*

- *Ce type d'énérgie est étudier par rapport à un niveau choisissait initialement (par nous ou dans la question) , elle dépend de la position du centre de masse du système par rapport au niveau choisit (particulièrement la distance entre eux) .*

- *L'E_{PP} est un grandeur algébrique : peut être positif , négatif ou nul .*

- *Le calcul de l'E_{PP} : E_{PP} = m g Z .*
- *m est la masse du système en (Kg) ,*
- *g est l'accélération de pesanteur $g = 9.8$ ou $10\ m/s^2$*
- *Z est l'altitude , c'est la distance perpendiculaire entre le centre de masse du système étudiée , et le niveau de référence . La nature du trajectoire n'est pas important !*

- <u>Principe:</u> Soit $(h > 0)$ *la distance entre le niveau de référence choisit et le centre de masse du système .*
- *Si le centre de masse du système est au –dessus du niveau de référence de l'E_{PP} alors $Z = +h$ alors $E_{PP} > 0$.*
- *Si le centre de masse du système est au –dessous du niveau de référence de l'E_{PP} alors $Z = -h$ alors $E_{PP} < 0$.*
- *Si le centre de masse du système se trouve sur le niveau de référence de l'E_{PP} alors $Z = h = 0$ alors $E_{PP} = 0$.*

Rq: Le niveau de référence de l'E_{PP} est un plan horizantale !

- ***Enérgie potentielle élastique dûe à la tension du ressort .***

Expréssion : $E_{Pe} = \frac{1}{2}\ k\ x^2$ *, est éxprimé en Joule (J) .*

- *k est la constante de raideur du ressort en (N/m) ,*

- *x est la position du système étudiée par rapport à l'origine d'espace en (mètre : m) ,* *Application:*

Un bloc de masse m est liées à l'éxtrémité libre d'un ressort de masse négligeable et à spires non – jointives , de constante de raideur $K = 20\ N/m$. On déplace le système d'une distance $x = 2\ m$. Calculer l'E_{Pe} du système associé à ce déplacement , sachant que la position initial est à l'origine .

Sol:

Système : (ressort , bloc , terre) .

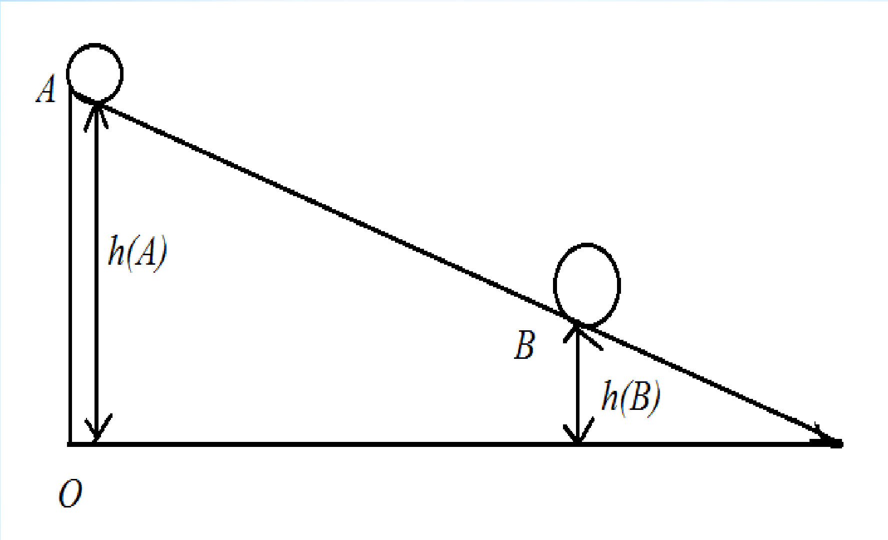
$$E_{Pe} = \frac{1}{2}\ k\ x^2 = \frac{1}{2}\ (20)(2)^2 = 40\ J\ .$$

*Enérgie potentiel de torsion: est dû̂e à la réaction d'un fil d'acier sur le système (On parle de ce type étape par étape dans l'étude du pendule de torsion **) .*

Expréssion : $E_{Pt} = \frac{1}{2} C\, \theta^2$.

- ✓ *C : constante de torsion du fil d'acier : (N.m / rd) ,*
- ✓ θ : Déplacement angulaire en (radian : rd) .

- *Rappel sur le théorème de l'énérgie cinétique :*



$$W_{m\vec{g}} = m\vec{g}.\vec{d} = mg\ AB\ cos(m\vec{g}\ ;\ \vec{d})$$

$$Or\ ,\ AB\ cos\left(m\vec{g}\ ;\ \vec{d}\right) = y = h_A - h_B\ .$$

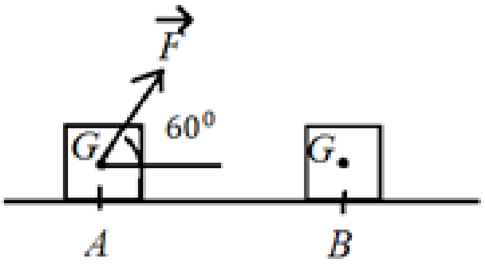
- *Sachant que l'objet de masse* $m = 1kg$ *part du point A au repos* $(h_A = 3m)$ *vers un point B* $(h_B = 1m)$ *sous l'action de sons poids , sur un plan incliné d'un angle* α *. Détérminer sa vitesse au point B .*

✓ *<u>Sol:</u> Sys : { Objet } ,* $\Delta E_C = \sum W_{\overrightarrow{Fext}}$

$$\Delta E_C = W_{m\vec{g}} + W_{\vec{N}} = mg(h_A - h_B) + 0 = 1 \times 10 \times (3 - 1) = 20J$$

$$Or : E_{C(B)} - E_{C(A)} = E_{C(B)}\ car\ (V_A = 0), donc : \frac{1}{2}mV_B{}^2 = 20 \Rightarrow V_B = 6.32m/s\ .$$

Un bloc de masse $m = 1kg$, déplace le long de la droite AB=2m , on lui applique au point A une force $\vec{F}$ de valeur $10(N)$ faisant un angle $\alpha = 60^0$ avec l'horizantale $\overrightarrow{AB}$. Sachant que la vitesse initial (au point A) du bloc est $V_A = 10m/s$:



1. Appliquer $\Delta_{E_C} = \sum W_{\overrightarrow{Fext}}$, pour détérminer la vitesse du bloc au point B .

- ✓ Sol:
  1. Sys : { Bloc } ,$\Delta E_C = W_{\vec{F}} + W_{m\vec{g}} + W_{\vec{N}}$

Donc :

$$\Delta E_C = (F \times AB \times cos\alpha) + 0 + 0 = \left(10 \times 2 \times \frac{1}{2}\right) = 10\,J\,.$$

Alors $E_{C(B)} - E_{C(A)} = 10 \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B{}^2 - \frac{1}{2}mV_A{}^2 = 10$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(1)V_B{}^2 = 10 + \frac{1}{2}(1)(10^2) = 60 \Rightarrow V_B{}^2 = 120 \Rightarrow V_B = \sqrt{120} = 10.95m/s$$

➢ <u>*Enérgie mécanique d’un système (Objets , terre)*</u>

L’énérgie mécanique d’un système est la somme de son énérgie cinétique et potentielle :

$$E_m = E_C + E_P$$

- $E_P = E_{PP} + E_{Pe} + \ \dots$ *C’est la somme de toutes les énérgies potentielles présentées sur le système*

- *Par conséquence , il faut inclus la terre dans le système pour qu’on peut parler de la réaction de pesanteur sous forme d’énérgie , C’est l’*E_{PP} .

- ***Enérgie mécanique d'un système formé de n objets (Objet 1 , Objet 2 ... Objet n ; terre)***

- *L'énérgie mécanique d'un système formé de n objets , est la somme des énérgie mécaniques pour chaque objet .*

- ✓ Exemple: *Pour un système formé d'une particule A , et un bloc B et la terre , l'énérgie mécanique est :*

$$E_{m(sys)} = E_{m\,(A)} + E_{m(B)} = E_{C(A)} + E_{P(A)} + E_{C(B)} + E_{P(B)} \,.$$

- <u>*Système énérgétiquement isolé, et conservation de* $l'E_m$ *:*</u>

- *On dit qu'un système (objet , … , terre) est énérgétiquement isolé ssi , les trois conditions suivantes sont satisfaites au système:*

- ✓ *Pas de frottement éxércée au système ,*
- ✓ *Pas de réactions chimiques éxercées au système ,*
- ✓ *Pas de réactions nucléaires exercées au système .*

- *Pour un système énérgétiquement isolé entre deux points A et B de la trajectoire du mouvement , on dit qu'il ya conservation de l'énérgie mécanique de ce système , c'est à dire:*

$$E_{m(A)} = E_{m(B)}$$

- ✓ *Et aussi* $\Delta E \underset{A \to B}{m} = E_{m(B)} - E_{m(A)} = 0$
- ✓ *On dit là que* E_m *est égal à une constante entre A et B .*

Remarque:

- ✓ *on a deux notation pour la dérivée d'une fonction:*

- ➢ *Notation dérivé :* $f\,'$ *représente la derivé de la fonction* f *par rapport à la variable étudiée .*

- ➢ *Notation différentielle : (on và l'utilisé beaucoup dans ce cours) :* $\frac{d\,f(t)}{dt}$ *avec* f *est une fonction du temps ,* $\frac{d}{dt}$ *est la dérivée par rapport au temps .*

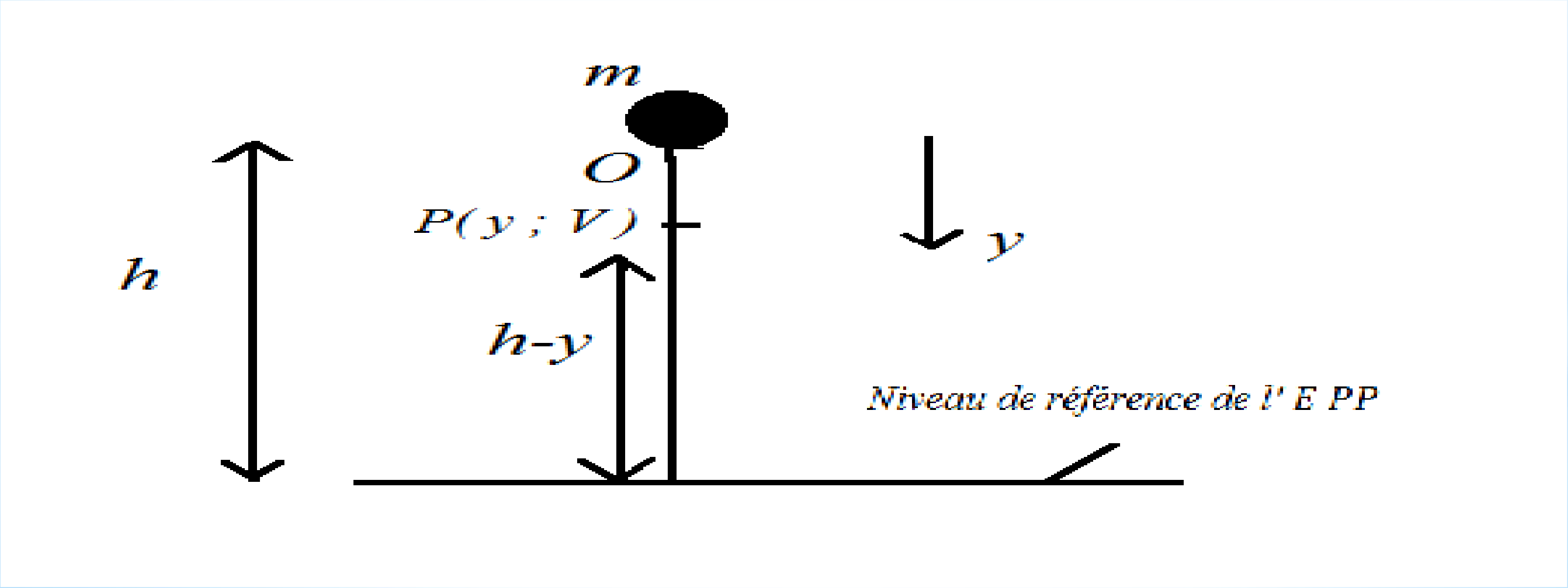
- ➢ *Le variable étudiée généralement dans ce cours est le temps t exprimée en seconde (s) .*

Chute libre : (*Dans le vide)*

- *Mouvement à une dimension (une seule variable de position) ,*
- *Le poids est seule force éxtérieur sur l'objet (mouvement verticale) .*

✓ Exemple : *Une particule de , masse m , tombe en chute libre d'une* hauteur h . On néglige toute force de frottement .

Utiliser l'éxpréssion de l'énérgie mécanique , pour montrer que l'accélération de la particule est égal à g (*accélération de pesanteur) .*



✓ <u>Sol:</u> *sys (particule ; terre)*

$$E_m = E_c + E_{PP} = \frac{1}{2}mV^2 + mgZ = \frac{1}{2}mV^2 + m\,g\,(h - y)$$

(Mot – clé) Idée : dérivée !

➢ *On a* $\overrightarrow{fr} = \vec{0}$ *, donc conservation de l'énérgie mécanique (système énérgétiquement isolé) alors* $E_m = constante$ *, d'où:*

$$\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}m(2VV') + (mgh)' - (mgy)' = 0$$

$$\Rightarrow mVa + 0 - mgV = 0 \Rightarrow mVa = mgV \Rightarrow a = g\ (m/s^2\ )$$

C.q.f.d .

➢ *Existence de la force de frottement:*

- *Si une force de frottement* $\overrightarrow{fr}$ *, existe à un système (objet(s) , terre) , on dit là que ce système n'est pas énérgétiquement isolé , et il n'ya pas de conservation de l'*E_m *.*

- *Dans ce cas* $\Delta E_m = E_{m(f)} - E_{m(i)} \neq 0$ C . à . d : $E_{m(f)} \neq E_{m(i)}$.

- *Pour une force de frottement supposé constant , on dit alors :*

$$\Delta E_m = E_{m(f)} - E_{m(i)} = W_{\overrightarrow{fr}} < 0$$

- *Pour un trajectoire rectiligne , l'angle entre le déplacement et la force de frottement est* π (rd) , $W_{\substack{\overrightarrow{fr} \\ A \to B}} = \overrightarrow{fr} \,.\, \vec{d}$

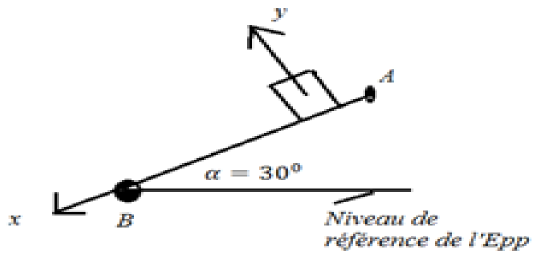
$= f_r \times d \times \cos(\pi) = -f_r \times d$ *(d étant le déplacement : AB) .*

- ***Remarque:***

Dans ce cas l'énérgie mécanique du système diminue au cours du temps , et ce transforme en énérgie thermique par frottement .

- ***Application:***

Un bloc de masse $m = 2\ kg$, glisse de A vers B le long d'un plan incliné de longueur $AB = 2.5\ m$, faisant un angle $\alpha = 30^0$ avec l'horizantale . Le bloc est initialement au repos , et arrive au point B avec une vitesse $V_B = 3m/s$. Prendre $g = 10m/s^2$.



Le plan horizantale passant par B est pris comme niveau de référence de $l'E_{PP}$.

1. Calculer l'énérgie mécanique du système au point B .

✓ Sol: sys: { Bloc ; terre } ,

$$E_{m(B)} = E_{C(B)} + E_{PP(B)} = \frac{1}{2}m(V_B)^2 + 0 = \frac{1}{2}(2)(3^2) = 9\ (J)\ .$$

2. Calculer l'énérgie mécanique du système au point A .

✓ Sol: sys: { Bloc ; terre } ,

$$\begin{aligned} E_{m(A)} = E_{C(A)} + E_{PP(A)} &= 0 + mgZ_A \\ &= +mgh_A (car\ A\ est\ au - dessus\ de\ référence\ de\ l'E_{PP}) \\ &= 2 \times 10 \times AB \times \sin(\alpha)\ ,\ Car\ \sin(\alpha) = \frac{h_A}{AB} \\ &= 2 \times 10 \times 2.5 \times \frac{1}{2} = 25\ J\ . \end{aligned}$$

3. Déduire l'éxistence du force de frottement entre A et B (supposé constante) .

✓ <u>Sol:</u> sys: { Bloc ; terre } , $\Delta E_{\underset{A\to B}{m}} = E_{m(B)} - E_{m(A)} = 9 - 25 = -16\,(J) < 0$.

$\Rightarrow$ Existence d'une force de frottement entre A et B .

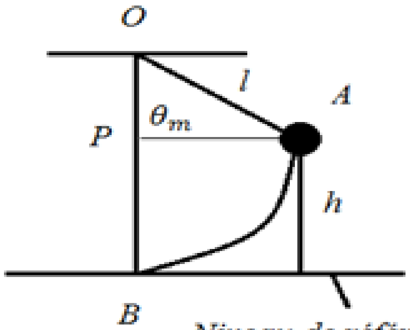
4. Détérminer la valeur de la force de frottement $\overrightarrow{fr}$ entre A et B .

✓ <u>Sol:</u> sys: { Bloc ; terre } , Puisque $\overrightarrow{fr} = \overrightarrow{cte}$,entre A et B , alors

$$\Delta E_{\underset{A\to B}{m}} = W_{\underset{A\to B}{\overrightarrow{fr}}} \Rightarrow -f \times AB = -16 \Rightarrow f = \frac{-16}{-2.5} \Rightarrow f = 6.4\,N .$$

➢ *<u>Exemple du pendule simple :</u> (Exercice complémentaire)*

On considère une particule de masse $m = 100g$, liées à un fil de longueur $L = 1m$ inextensible et de masse négligeable . L'éxtrémité supérieur du pendule est fixé à un support . On néglige toute force de frottement . Le pendule est écarté d'un angle maximale $\theta_m = 60^0$, et lâche sans vitesse initial du point A . Le plan horizantale passant par B est pris comme niveau de référence de l'énérgie potentielle de pesanteur . $(g = 10\ m/s^2)$.



Niveau de référence de l'énérgie potentielle de pesanteur .

1. *Calculer l'énérgie mécanique dy système .*

✓ *<u>Sol:</u> sys : { Particule , terre } , $\overrightarrow{fr} = \vec{0} \Rightarrow$ système énérgétiquement isolé, donc l'énérgie mécanique est conservé .*

Alors : $E_{m(A)} = E_{m(B)} = E_m \Rightarrow E_{m(A)} = E_{c(A)} + E_{PP(A)} = 0 + mgZ_A = mgh_A$.

Au point $\Rightarrow \theta = \theta_m \Rightarrow cos(\theta_m) = \frac{OP}{l}$, *et* $h = PB = OB - OP = l - lcos(\theta_m) =$
$l(1 - cos(\theta_m)) = 1\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)\right) = 0.5\ m$.

Donc : $E_m = 100 \times 10^{-3} \times 10 \times 0.5 \Rightarrow E_m = 0.5(J)$.

2. *Détérminer l'éxpréssion de l'énérgie cinétique du système en fonction de* θ .

- ✓ <u>*Sol:*</u> *sys : { Particule , terre } , On sait que* $E_m = E_C + E_{PP}$ *, alors :*

$$E_C = E_m - E_{PP} = 0.5 - mgl\left(1 - cos(\theta)\right)$$

$$= 0.5 - (0.1 \times 10 \times 1\left(1 - cos(\theta)\right) = -0.5 + cos(\theta) .$$

3. *En déduire l'énérgie cinétique du bloc au point B .*

- ✓ <u>*Sol:*</u> *sys : { Particule , terre } , Au point B ,* $\theta = 0$ *, Alors :*

$$E_{C(B)} = -0.5 + cos(0) = -0.5 + 1 \Rightarrow E_{C(B)} = 0.5(J) .$$

4. *Détérminer l'angle* θ *, où* $E_{PP} = E_C$.

- ✓ <u>*Sol:*</u> *sys : { Particule , terre } ,*

$$E_C = E_{PP} \Rightarrow -0.5 + cos(\theta) = mgl(1 - cos(\theta) = 1 - \cos(\theta))$$

$$\Rightarrow 1.5 = 2cos(\theta) \Rightarrow cos(\theta) = \frac{1.5}{2} = 0.75 \Rightarrow \theta = \pm 41.4^0 .$$

Exercice important pour la classe : SG (**)

Une chaîne de masse M uniformément répartie sur sa longueur L , peut glisser sans frottement sur une table horizantale . À l'instant $t_0 = 0$, la chaîne est au repos et la partie qui pend de la chaîne est de longueur b .

Une fois lâchée , la chaîne se met à glisser . A une instant t , la partie qui pend a pour longueur x et pour vitesse V . Prenez la table horizantale , comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur .

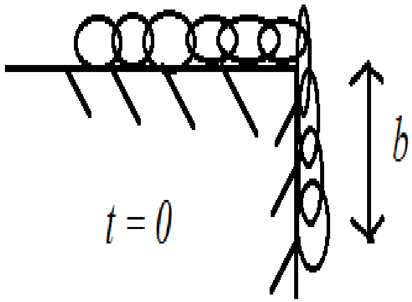
1. *Calculer à l'instant $t_0 = 0$, l'énergie mécanique du système { Chaîne , support , terre } , en fonction de M , L , b et g .*

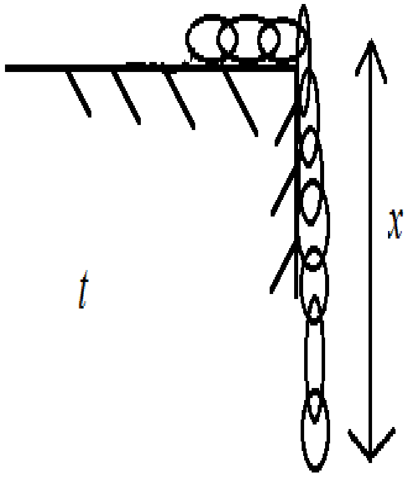
   ✓ Sol: sys: {Chaîne , support , terre } ,

   $E_{m0} = E_C + E_{PP} = 0 + mgZ = mg(-\frac{b}{2})$, ($\frac{b}{2}$, car on prend la distance entre le centre de masse du système et le niveau de référence de l'E_{PP} et on a la masse répartie uniformément , alors le centre de masse de cemtre partie est en son milieu) .

$\Rightarrow E_{m0} = -mg\frac{b}{2}$, avec m est la masse de la partie de longeur b .

Or la masse est uniformément répartie , alors la densité linéaire de la masse du chaine est $\lambda = \frac{M}{L} = \frac{m}{b} \Rightarrow m = \frac{Mb}{L}$, alors $E_{m0} = -\frac{Mb}{L} \times g \times \frac{b}{2} = -\frac{Mgb^2}{2L}$ (J) .





2. Calculer à l'instant t , l'énérgie mécanique du système considéré , en fonction de M , L , x , V et g .

✓ Sol: sys: { Chaîne , support , terre } ,

$$E_m = E_C + E_{PP} = \frac{1}{2}MV^2 + mgZ = \frac{1}{2}MV^2 - m_x\, g\,\frac{x}{2}$$

Donc : $E_m = \frac{1}{2}MV^2 - \frac{Mgx^2}{2L}$ (J) .

3. Trouver une relation entre x et V .

✓ Sol: sys: { Chaîne , support , terre } , est énérgétiquement isolé , $\overrightarrow{fr} = \vec{0}$ alors $E_{m0} = E_m$,

Alors : $-\frac{Mgb^2}{2L} = \frac{1}{2}MV^2 - \frac{Mgx^2}{2L} \Rightarrow \frac{1}{2}MV^2 = \frac{Mg}{2L}(x^2 - b^2)$,

Donc : $V^2 = \frac{g}{L}(x^2 - b^2) \Rightarrow V = \sqrt{\frac{g}{L}(x^2 - b^2)}$ m/s .

4. Trouver à l'instant t , l'accélération a du mouvement de la chaîne , en fonction de x, L et g . Déduisez la valeur numérique de a pour $x = L$.

✓ <u>Sol:</u> sys: { Chaîne , support , terre } ,

$$V^2 = \frac{g}{L}(x^2 - b^2),$$

$$\frac{d(V^2)}{dt} = 2VV' = 2Va \text{ , Alors } 2Va = \frac{g}{L}(2xx') = \frac{2gxV}{L} \Rightarrow a = \frac{gx}{L} \text{ ,} m/S^2$$

$$Si\ x = L \text{ , alors } a = \frac{gL}{L} = g = 10m/s^2 \text{ , C.q.f.t}$$

(**)

- <u>*Relation (Energie potentielle – Module du force) :*</u>

La force dérive de l'énérgie par rapport à la variable correspondante , par exemple:

$E_{PP} = mgZ + cst$ ($Le\ cst = 0$, $lorsqu'on\ choisit\ un\ référence$) .

$\frac{dE_{PP}}{dZ} = mgZ' = mg$ *(force gravitationnel : Poids) .*

$E_{Pe} = \frac{1}{2}kx^2$

$\frac{dE_{Pe}}{dx} = kx$: $tension\ du\ ressort$ *en module (Loi de Hook) .*

$E_{Pt} = \frac{1}{2}C\theta^2$

$\frac{dE_{Pt}}{d\theta} = C\theta$ *: tension du fil de torsion en module .*

(**)

- *<u>Conservation de l'énérgie total d'un système (corps , terre):</u>*

- *Pour un système { Corps , terre } , L'énérgie total est défini par la somme de son énérgie macroscopique (cinétique et potentielle) , et de son énérgie microscopique (cinétique et potentiel au niveau des molécules du système , C à d son énérgie interne) .*

- *Exemple sur la variation de l'énérgie interne , un homme en déplacement en assis , à un instant il se tient au debout , à cette instant , il existe une variation dans l'énérgie du système (C'est au niveau interne) .*

- *L'énérgie microscopique est noté :* $U_{micro} = E_{C(micro)} + E_{P(micro)}$.

- $E_{Total} = U_{microscopique} + E_{m\ (macroscopioque)} = constante$, Càd $U_{micro} \downarrow \Rightarrow E_m \uparrow , et\ U_{micro} \uparrow \Rightarrow E_m \downarrow$.

- *Si le système est énérgétiquement isolé , alors* $\Delta U = -\Delta E_m = 0$

- *S'il éxiste des forces de résistances , alors* $\Delta U = -\Delta E_m = -W_{\vec{f}r}$.

Good Luck